

BAB IV

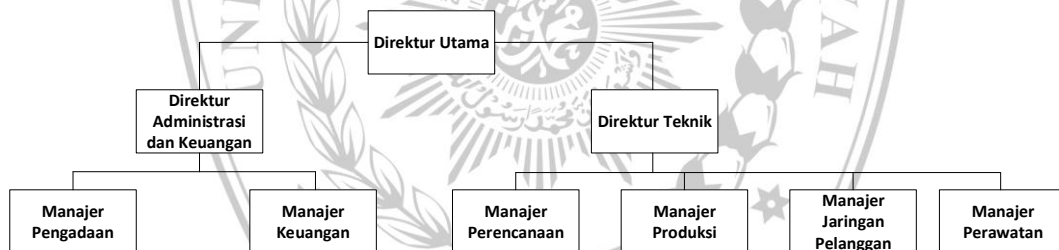
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil Perusahaan

PDAM kota Malang merupakan salah satu perusahaan milik daerah yang berlokasi di Jl. Terusan Danau Sentani no.100, Madyopuro, Kec. Kedungkandang, Malang. PDAM kota Malang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pelayanan air bersih untuk warga masyarakat Malang, dengan memiliki beberapa sumber air yang digunakan sebagai pemenuh kebutuhan pelanggan. Sumber mata air terbesar PDAM kota Malang yaitu sumber mata air wendit. Air dari sumber wendit dipompa melewati rumah pompa yaitu pompa wendit I, wendit II dan wendit III. Dalam penelitian skripsi ini penulis menggunakan data waktu antar kerusakan pompa yang berada dalam rumah pompa wendit I.

4.2 Struktur Organisasi

Berikut merupakan struktur organisasi yang ada di perusahaan PDAM Kota Malang.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Perusahaan

4.3 Mesin Pompa Vertical Turbin

Sebagai perusahaan yang menyediakan layanan air bersih untuk masyarakat kota Malang, PDAM kota Malang memiliki salah satu mesin untuk proses produksi air bersih, yaitu mesin pompa Vertical Turbin. Dimana mesin ini biasanya digunakan sebagai mesin penyaring dan pendistribusi air yang diproses dalam perusahaan, bersumber dari mata air sumber wendit ke reservoir dan pipa-pipa distribusi, Proses produksi air bersih yakni air baku yang bersumber dari sumber air wendit diolah pada bangunan intake dimana bangunan ini dilengkapi alat penyaring yang fungsinya sebagai filter agar tidak ada kotoran yang masuk

dan dapat mengganggu kinerja pompa vertikal turbin. Kemudian proses selanjutnya adalah tahap chlorinasi, dimana terjadi penambahan zat desinfektan yang bertujuan membunuh bakteri pada saat melewati pipa distribusi ataupun ketika disimpan dalam reservoir. Air bersih yang telah melewati tahap chlorinasi kemudian di distribusikan melalui pipa distribusi menuju zona pelayanan dan sebagian disalurkan dengan pompa transmisi untuk disimpan pada reservoir yang ada di Betek.



Gambar 4.2 pompa vertikal turbin Wendit I

Pompa yang digunakan oleh PDAM kota Malang di rumah pompa Wendit I adalah jenis pompa vertikal turbin, dapat dilihat pada gambar 4.1. pompa-pompa tersebut tahun pembeliannya sejak 1992 yang artinya sudah 28 tahun umur dari mesin pompa vertikal turbin dan beroperasi selama 24 jam non stop setiap harinya. Saat ini perawatan pompa yang dilakukan oleh PDAM kota Malang berupa menjadwalkan pergantian oli mesin dan pemberian stampad setiap bulannya. Pengecekan kondisi pompa juga dilakukan oleh PDAM kota Malang setiap satu jam sekali. Operator yang bertugas wajib memberikan laporan mengenai kondisi pompa yang berupa angka flow meter, suhu, tekanan, arus listrik dan tegangan listrik pompa, kemudian diarsipkan dalam sistem informasi

data kinerja pompa PDAM kota Malang. Mesin pompa vertikal turbin yang berada di rumah pompa Wendit I dapat melakukan pengambilan air sebanyak 310 liter/detik dari sumber mata air, namun pengambilan air tidak selalu sama setiap harinya karena tergantung kebutuhan pemakaian. Spesifikasi pompa vertikal turbin adalah sebagai berikut:

Type	: Toyo Denki K.K US5611/VM-BA	Output	: 200Kw
Voltage	: 380V	Coolant temp	: 40°C
Current	: 352A	Weight	: 1270kg
Frequency	: 50Hz	No.Seri	: M92311
Speed	: 1476rpm	Date	: 1992
No.of phase	: 3	H	: 25m

4.4 Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan penulis pada mesin pompa vertikal turbin pada PDAM kota Malang. Untuk pengumpulan data didapatkan melalui wawancara langsung kepada petugas operator mesin. Data pendukung lain didapatkan dari bagian produksi perusahaan seperti data nama komponen mesin, data kerusakan komponen mesin pompa *vertical turbin*. PDAM kota Malang menggunakan mesin pompa vertical turbin pada Wendit I sebanyak 3 unit. adalah data selama kurun waktu satu tahun yaitu pada tahun 2017.

4.4.1 Data Komponen Mesin Pompa *Vertical Turbin* pada Wendit I

Tabel 4.1 Menunjukkan komponen-komponen yang ada pada mesin *vertical turbine* beserta harga setiap unit komponen.

Tabel 4.1 Komponen pada mesin *vertical turbine*

No	Komponen mesin	Harga unit/tahun
1	Impeller	Rp 2.880.000
2	Bearing	Rp 2.650.000
3	Shaft/As	Rp 1.430.000
4	Packing	Rp 2.100.000
5	Rotor	Rp. 3.255.000
6	Bosh kopling	Rp. 1.795.000

4.4.2 Frekuensi Kerusakan Mesin Pompa *Vertical Turbine*

Selama proses pada mesin pompa *vertical turbine* mengalami kerusakan pada tahun 2017, berikut data kerusakan komponen mesin pompa pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Frekuensi kerusakan Komponen

Frekuensi Kerusakan Komponen Kritis Vertical Turbine I 2017													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah
Komponen													
Impeller	0	1	0	2	0	1	1	1	1	2	0	1	10
Bearing	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10
Shaft/As	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	5
Packing	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	4
Rotor	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
Bosh kopling	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	5
Frekuensi Kerusakan Komponen Kritis Vertical Turbine II 2017													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah
Komponen													
Impeller	1	0	1	1	0	1	1	2	3	1	0	0	11
Bearing	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	2	8
Shaft/As	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	5
Packing	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Rotor	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
Bosh kopling	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Frekuensi Kerusakan Komponen Kritis Vertical Turbine III 2017													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah
Komponen													
Impeller	1	2	0	0	1	0	1	0	1	0	2	1	9
Bearing	2	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	7
Shaft/As	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Packing	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	5
Rotor	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4
Bosh kopling	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	5

4.4.3 Data Biaya Komponen Mesin Pompa *Vertical Turbine*

Tabel 4.3 Biaya Komponen Mesin Pompa Vertical Turbine 1

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan /tahun	Harga/unit (Rp)
1	Impeller	2	Rp2.880.000
2	Bearing	9	Rp2.650.000
3	Shaft/As	2	Rp1.430.000
4	Packing	1	Rp2.100.000
5	Rotor	1	Rp3.255.000
6	Bosh kopling	2	Rp1.795.000
Total		17	Rp 14.110.000

Pada mesin pompa *vertical turbine 1* dibutuhkan 2 unit komponen impeller, 4 unit komponen *bearing*, 1 unit komponen shaft/as, 1 unit komponen packing, 1 unit komponen rotor, 1 unit komponen bosh kopling.

Tabel 4.4 Biaya Komponen Mesin Pompa Vertical Turbine 2

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan /tahun	Harga/unit (Rp)
1	Impeller	10	Rp2.880.000
2	Bearing	1	Rp2.650.000
3	Shaft/As	1	Rp1.430.000
4	Packing	1	Rp2.100.000
5	Rotor	0	Rp3.255.000
6	Bosh kopling	1	Rp1.795.000
Total		14	Rp 14.110.000

Pada mesin pompa *vertical turbine 2* dibutuhkan 2 unit komponen impeller, 4 unit komponen *bearing*, 1 unit komponen shaft/as, 1 unit komponen packing, 1 unit komponen rotor, 1 unit komponen bosh kopling.

Tabel 4.5 Biaya Komponen Mesin Pompa Vertical Turbine 3

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan /tahun	Harga/unit (Rp)
1	Impeller	8	Rp2.880.000
2	Bearing	2	Rp2.650.000
3	Shaft/As	2	Rp1.430.000

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan /tahun	Harga/unit (Rp)
4	Packing	2	Rp2.100.000
5	Rotor	2	Rp3.255.000
6	Bosh kopling	2	Rp1.795.000
Total		18	Rp 14.110.000

Pada mesin pompa *vertical turbine 1* dibutuhkan 2 unit komponen impeller, 4 unit komponen *bearing*, 1 unit komponen shaft/as, 1 unit komponen packing, 1 unit komponen rotor, 1 unit komponen bosh kopling.



4.4.4 Data Waktu Kerusakan

Interval waktu kerusakan merupakan data waktu antar kerusakan yang diperoleh untuk menggambarkan perkiraan mesin dapat digunakan kembali hingga waktu tertentu. Data interval waktu kerusakan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini

Tabel 4.6 Interval Waktu Kerusakan Komponen Vertical Turbine I

Impeller		Bearing		Shaft/As		Packing		Rotor		Bosh Kopling	
Tanggal	Interval	Tanggal	Interval	Tanggal	Interval	Tanggal	Interval	Tanggal	Interval	Tanggal	Interval
14/02/2017	-	19/01/2017	-	20/03/2017	-	18/07/2017	-	08/02/2017	-	21/03/2017	-
03/04/2017	48	24/02/2017	36	12/06/2017	84	14/08/2017	27	10/07/2017	122	10/04/2017	20
24/04/2017	21	25/03/2017	29	14/07/2017	32	20/09/2017	37	12/12/2017	155	12/06/2017	63
12/06/2017	49	30/04/2017	35	09/10/2017	87	05/12/2017	76	-	-	16/10/2017	126
07/07/2017	25	21/05/2017	21	20/11/2017	42	-	-	-	-	05/12/2017	50
15/08/2017	39	15/06/2017	23	-	-	-	-	-	-	-	-
18/09/2017	34	14/07/2017	29	-	-	-	-	-	-	-	-
16/10/2017	28	15/08/2017	32	-	-	-	-	-	-	-	-
28/10/2017	12	03/09/2017	19	-	-	-	-	-	-	-	-
16/12/2017	49	01/10/2017	28	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

[illegible]

4.4.5 Biaya-biaya Penggantian

1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya-biaya berikut didapatkan berdasarkan informasi dari PDAM kota Malang. Dalam skripsi ini biaya yang diperhitungkan selama penelitian adalah biaya akibat kerusakan dan biaya penggantian. Biaya kerusakan terdiri dari biaya tenaga kerja, biaya penggantian dan biaya mesin menganggur akibat kerusakan. Sedangkan biaya penggantian adalah biaya tenaga kerja, dan keuntungan yang hilang akibat terjadinya pengantian. Data biaya sebagai berikut:

1. Jumlah tenaga kerja : 3 orang
2. Biaya tenaga kerja/bulan/orang : Rp. 2.900.000/bulan
3. Biaya tenaga kerja/hari/orang : Rp. 2.900.000/(26)
: Rp. 111.500/orang
4. Total biaya kerja/hari : 8 x Rp.111.500
: Rp.892.000/orang

2. Opportunity Cost

Opportunity Cost merupakan biaya kemungkinan produksi yang hilang akibat terjadinya kerusakan mesin. Perhitungan biaya sebagai berikut :

1. Data rata-rata output mesin pompa Vertical Turbin : 29.300 m³
2. Harga air per m³ (untuk kelompok II B) : Rp.3.200
3. Biaya peralatan : Rp. 700.000
4. *Opportunity Cost* perjam didapatkan dari hasil perkalian antara data jumlah *output* perjam dengan data harga per *output*.
Opportunity Cost Mesin Pompa Vertical Turbin :Rp. 3.200 x 29.300m³
: Rp. 93.760.000

4.5 Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan dari penelitian dipakai untuk melakukan pemilihan komponen kritis dengan metode ABC, menentukan distribusi dari data yang didapatkan melalui bantuan *software* Minitab 17 yang dapat digunakan untuk menentukan nilai Dn hitung, *alfa* (α) dan *beta* (β), Menghitung fungsi padat

probabilitas, menentukan fungsi keandalan, menentukan laju kerusakan, menghitung MTTF (*Mean Time To Failure*) dan biaya penggantian.

4.5.1 Pemilihan Komponen Kritis dengan Metode ABC

Pemilihan komponen kritis pada mesin *Vertical Turbine* I, II, dan III dengan menggunakan metode ABC.

1. Pemilihan Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* I

Biaya total dari penggantian setiap komponen pada mesin pompa *vertical turbine* I dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Komponen Mesin Pompa *Vertical Turbine* I

No	Nama Komponen	Total Biaya (Rp/tahun)	Percen (%)	Kumulatif Persentase (%)
1	Impeller	Rp 11.520.000	9,70	9,70
2	Bearing	Rp 95.400.000	80,35	90,06
3	Shaft/As	Rp 2.860.000	2,41	92,47
4	Packing	Rp 2.100.000	1,77	94,23
5	Rotor	Rp 3.255.000	2,74	96,98
6	Bosh kopling	Rp 3.590.000	3,02	100,00

Dari Pengumpulan data pada Tabel 4.3 diperoleh Total Biaya seperti pada contoh perhitungan berikut:

1. Komponen Rotor

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Jumlah kebutuhan/tahun} \times \text{frekuensi kerusakan/tahun} \times \\
 &\text{Harga/Unit} \\
 &= 1 \times 1 \times \text{Rp } 3.255.000 \\
 &= \text{Rp } 3.255.000/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Diperoleh total biaya untuk komponen Rotor pada mesin *vertical turbine* sebesar Rp 3.255.000 Selanjutnya menghitung persentase dari total biaya dengan cara :

2. Persentase komponen rotor

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase} &= \frac{\text{Rp } 3.255.000}{\text{Rp } 118.725.000} \times 100\% \\
 &= 2,74 \%
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilanjutkan presentase komponen dianalisis dengan menggunakan metode ABC dengan pembagian tiga kelas seperti pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* I Metode ABC

No	Nama Komponen	Percen (%)	Presentase Nilai Barang (%)	Kategori
1	Bearing	80,35	80,35	A
2	Impeller	9,70	15,47	B
3	Bosh kopling	3,02		
4	Rotor	2,74		
5	Shaft/As	2,41	4,18	C
6	Packing	1,77		

Berdasarkan hasil klasifikasi ABC pada Tabel 4.10 didapatkan hasil komponen kritis terjadi pada komponen *Bearing* untuk mesin pompa *vertical turbine* I dengan presentase 80,35% sehingga dapat diklasifikasikan dalam kelas A karena termasuk dalam *range* 75% - 80%. Kemudian untuk kelas B terpilih adalah komponen impeller rotor, bosh kopling dengan kumulatif presentase sebesar 15,47% dimana memenuhi standar kelas B dengan *range* sebesar 10%-15% dan untuk kelas C adalah komponen shaft/as dan packing dengan presentase 4,18%. Sehingga komponen kritis terpilih untuk mesin pompa *vertical turbine* I yaitu pada kelas A pada komponen bearing.

2. Pemilihan Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* II

Biaya total dari pergantian setiap komponen pada mesin pompa *vertical turbine* II dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Komponen Mesin Pompa *Vertical Turbine* II

No	Nama Komponen	Total Biaya (Rp)	Percen (%)	Kumulatif Persentase (%)
1	Impeller	Rp57.600.000	79,98	79,98
2	Bearing	Rp10.600.000	5,89	85,87
3	Shaft/As	Rp1.430.000	2,38	88,26
4	Packing	Rp2.100.000	2,33	90,59
5	Rotor	Rp3.255.000	5,42	96,01
6	Bosh kopling	Rp1.795.000	3,99	100,00
Total		Rp 76.780.000	100	100

Dari Pengumpulan data pada Tabel 4.3 diperoleh Total Biaya seperti pada contoh perhitungan berikut:

1. Komponen Rotor

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Jumlah kebutuhan/tahun} \times \text{frekuensi kerusakan/tahun} \times \\ &\text{Harga/Unit} \\ &= 1 \times 1 \times \text{Rp } 3.255.000 \\ &= \text{Rp } 3.255.000\end{aligned}$$

Diperoleh total biaya untuk komponen rotor pada mesin *vertical turbine* II sebesar Rp 3.255.000 Selanjutnya menghitung persentase dari total biaya dengan cara :

2. Persentase komponen rotor

$$\begin{aligned}\text{Persentase} &= \frac{\text{Rp } 3.255.000}{\text{Rp } 73.525.000} \times 100\% \\ &= 5,42 \%\end{aligned}$$

Selanjutnya dilanjutkan presentase komponen dianalisis dengan menggunakan metode ABC dengan pembagian tiga kelas seperti pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* II Metode ABC

No	Nama Komponen	Persen (%)	Presentase Nilai Barang (%)	Kategori
1	Impeller	79,98	79,98	A
2	Bearing	5,89	15,30	B
5	Rotor	5,42		
6	Bosh kopling	3,99		
3	Shaft/As	2,38	4,72	C
4	Packing	2,33		

Berdasarkan hasil klasifikasi ABC pada Tabel 4.12 didapatkan hasil komponen kritis terjadi pada komponen *Impeller* untuk mesin pompa *vertical turbine* II dengan presentase 79,98% sehingga dapat diklasifikasikan dalam kelas A karena termasuk dalam *range* 75% - 80%. Kemudian untuk kelas B terpilih

adalah komponen bearing dan rotor dengan kumulatif presentase sebesar 15,30% dimana memenuhi standar kelas B dengan *range* sebesar 10%-15% dan untuk kelas C adalah komponen shaft/as dengan presentase 4,72%. Sehingga komponen kritis terpilih untuk mesin pompa *vertical turbine* II yaitu pada kelas A pada komponen impeller.

3. Pemilihan Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* III

Biaya total dari penggantian setiap komponen pada mesin pompa *vertical turbine* II dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Komponen Mesin Pompa *Vertical Turbine* III

No	Nama Komponen	Total Biaya (Rp)	Percent (%)
1	Impeller	Rp46.080.000	76,53
2	Bearing	Rp10.600.000	17,61
3	Shaft/As	Rp1.430.000	2,38
4	Packing	Rp2.100.000	3,49
5	Rotor	Rp0	0,00
6	Bosh kopling	Rp0	0,00
Total		Rp 60.210.000	100

Dari Pengumpulan data pada Tabel 4.3 diperoleh Total Biaya seperti pada contoh perhitungan berikut:

1. Komponen Packing

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Jumlah kebutuhan/tahun} \times \text{frekuensi kerusakan/tahun} \times \\
 &\text{Harga/Unit} \\
 &= 1 \times 1 \times \text{Rp } 2.100.000 \\
 &= \text{Rp } 2.100.000
 \end{aligned}$$

Diperoleh total biaya untuk komponen impeller pada mesin *vertical turbine* III sebesar Rp 2.100.000 Selanjutnya menghitung persentase dari total biaya dengan cara :

2. Persentase komponen impeller

$$\begin{aligned}\text{Persentase} &= \frac{\text{Rp } 2.100.000}{\text{Rp } 60.210.000} \times 100\% \\ &= 3,49 \%\end{aligned}$$

Selanjutnya dilanjutkan presentase komponen dianalisis dengan menggunakan metode ABC dengan pembagian tiga kelas seperti pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* III Metode ABC

No	Nama Komponen	Percen (%)	Presentase Nilai Barang (%)	Kategori
1	Impeller	76,53	76,53	A
2	Bearing	17,61	17,61	B
3	Rotor	2,38	5,86	C
4	Packing	3,49		
5	Bosh kopling	0,00		
6	Shaft/As	0,00		

Berdasarkan hasil klasifikasi ABC pada Tabel 4.14 didapatkan hasil komponen kritis terjadi pada komponen *Impeller* untuk mesin pompa *vertical turbine* III dengan presentase 76,53% sehingga dapat diklasifikasikan dalam kelas A karena termasuk dalam *range* 75% - 80%. Kemudian untuk kelas B terpilih adalah komponen bearing dengan kumulatif presentase sebesar 17,61% dimana memenuhi standar kelas B dengan *range* sebesar 10%-15% dan untuk kelas C adalah komponen rotor, packing, bosh kopling dan shaft/as dengan presentase 5,86%. Sehingga komponen kritis terpilih untuk mesin pompa *vertical turbine* III yaitu pada kelas A pada komponen impeller.

4.5.2 Pengujian Distribusi Data

Dalam penentuan distribusi dari data interval waktu kerusakan yang terjadi dari setiap komponen kritis terpilih dari metode ABC untuk setiap mesin pompa *vertical turbine* I, II dan III.

Tabel 4.15 Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov

Mesin	Komponen	N	Distribusi	Dn	Dn tabel	Kesimpulan
-------	----------	---	------------	----	----------	------------

Mesin	Komponen	N	Distribusi	Dn	Dn tabel	Kesimpulan
Vertical Turbine I	<i>Bearing</i>	9	<i>Weibull</i>	0,167	0,43001	Diterima
Vertical Turbine II	<i>Impeller</i>	10	<i>Weibull</i>	0,227	0,409	Diterima
Vertical Turbine III	<i>Impeller</i>	8	<i>Lognormal</i>	0,223	0,454	Diterima

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 4.15 diketahui distribusi untuk komponen kritis mesin pompa *vertical turbine* I yaitu *Bearing* didapatkan hasil dari bantuan *software* Minitab 17 distribusi *Weibull*, pada komponen kritis *impeller* untuk mesin pompa *vertical turbine* II didapatkan distribusi *Weibull* sedangkan untuk mesin pompa *vertical turbine* III pada komponen kritis *impeller* didapatkan distribusi *lognormal*.

1. Mesin Pompa *Vertical Turbine* I

- Komponen kritis *bearing*

H_0 : data distribusi *Weibull*

H_1 : data tidak berdistribusi *weibull*

Dari hasil uji *Kolmogorov-smirnov* didapatkan:

$D_n = 0,167$ $D_n \text{ tabel} = 0,43001$ $N = 9$

- D_n hitung didapatkan dari Minitab 17
- D_n tabel diperoleh dari *Kolmogorov smirnov* tabel dengan *significance level* ($\alpha = 0,05$)
- H_0 diterima apabila $D_n < D_n \text{ tabel}$, dari data yang diperoleh yaitu $0,167 < 0,430$ maka H_0 diterima.

2. Mesin Pompa *Vertical Turbine* II

- Komponen kritis *impeller*

H_0 : data distribusi *Weibull*

H_1 : data tidak berdistribusi *weibull*

Dari hasil uji *Kolmogorov-smirnov* didapatkan:

$$D_n = 0,227 \quad D_n \text{ tabel} = 0,409 \quad N = 10$$

- D_n hitung didapatkan dari Minitab 17
- D_n tabel diperoleh dari Kolmogorov smirnov tabel dengan *significance level* ($\alpha = 0,05$)
- H_0 diterima apabila $D_n < D_n \text{ tabel}$, dari data yang diperoleh yaitu $0,227 < 0,409$ maka H_0 diterima.

3. Mesin Pompa *Vertical Turbine* III

- Komponen kritis *impeller*
 H_0 : data distribusi *lognormal*
 H_1 : data tidak berdistribusi *lognormal*
 Dari hasil uji *Kolmogorov-smirnov* didapatkan:
 $D_n = 0,223 \quad D_n \text{ tabel} = 0,454 \quad N = 8$
- D_n hitung didapatkan dari Minitab 17
- D_n tabel diperoleh dari Kolmogorov smirnov tabel dengan *significance level* ($\alpha = 0,05$)
- H_0 diterima apabila $D_n < D_n \text{ tabel}$, dari data yang diperoleh yaitu $0,223 < 0,454$ maka H_0 diterima.

4.5.3 Penentuan Fungsi Padat Probabilitas

Dari hasil pengujian distribusi Kolmogorov-smirnov dari bantuan Minitab 17 dengan parameter α dan β . Dari parameter yang telah didapat akan dilanjutkan perhitungan untuk menentukan fungsi padat probabilitas, keandalan dengan laju kerusakan pada setiap komponen.

Penentuan fungsi padat probabilitas ini digunakan untuk mendapatkan probabilitas terjadi kerusakan pada mesin pompa *vertical turbine* I , II, dan III. Setelah didapatkan distribusi pada komponen kritis tiap mesin yaitu *Weibull*, *weiebull* dan *lognormal* selanjutnya fungsi padat probabilitas ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha}$$

$f(t)$ = Fungsi padat probabilitas

α = parameter distribusi

β = parameter untuk mengetahui *lifetime*

t = waktu

- Contoh perhitungan fungsi padat probabilitas komponen *bearing*

Diketahui $\alpha = 5,02641$ $\beta = 30,3836$ $t = 5$

$$f(5) = \frac{5,02641}{30,3836} \left(\frac{5}{30,3836} \right)^{5,02641-1} e^{\left[-\left(\frac{5}{30,3836} \right) \right]^{5,02641}}$$

$$f(5) = 0,00005058418353$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran II dan untuk membantu hasil perhitungan dengan bantuan *software* maple 17 yang hasilnya dapat dilihat seperti Tabel 4.16

Tabel 4.16 Fungsi Padat Probabilitas Mesin Pompa Vertical Turbine I

t	F(t)	T	F(t)	t	F(t)
1	1,50E+02	21	0.001158603580	41	0.0006265353899
2	0.000002076267528	22	0.001184229611	42	0.0005851101980
3	0.000009004360049	23	0.001200384338	43	0.0005451777852
4	0.00002430308274	24	0.001207524703	44	0.0005068654066
5	0.00005058418353	25	0.001206238657	45	0.0004702661209
6	0.00008932743012	26	0.001197210134	46	0.0004354426763
7	0.0001408296167	27	0.001181187532	47	0.0004024312520
8	0.0002043371287	28	0.001158956094	48	0.0003712450124
9	0.0002782673475	29	0.001131314286	49	0.0003418774299
10	0.0003604579434	30	0.001099054109	50	0.0003143053557
11	0.0004484070744	31	0.001062945150		
12	0.0005394840750	32	0.001023722092		
13	0.0006311012724	33	0.0009820753220		
14	0.0007208447183	34	0.0009386442979		
15	0.0008065659377	35	0.0008940132764		
16	0.0008864391820	36	0.0008487090625		
17	0.0009589897839	37	0.0008032004172		
18	0.001023099425	38	0.0007578988143		
19	0.001077993876	39	0.0007131602606		
20	0.001123218186	40	0.0006692879313		

Dari hasil perhitungan fungsi padat probabilitas distribusi *Weibull* untuk mesin pompa *vertical turbine* I komponen *bearing*, didapatkan nilai tertinggi 0,001207524703 jatuh pada hari ke-24.

Contoh perhitungan distribusi *Weibull* mesin pompa *vertical turbine* II:

$$\alpha = 1,29130$$

$$\beta = 27,0858$$

$$f(t) = \frac{1,29130}{27,0858} \left(\frac{21}{27,0858} \right)^{1,29130-1} e^{\left[-\left(\frac{21}{27,0858} \right)^{1,29130} \right]}$$

$$= 0,016266$$

Tabel 4.17 Fungsi Padat Probabilitas Mesin Pompa Vertical Turbine II

t	F(t)	t	F(t)	t	F(t)
1	1,74E-02	21	0,016266	41	0,007618
2	0,020287	22	0,015721	42	0,007314
3	0,021767	23	0,015184	43	0,007022
4	0,022568	24	0,014658	44	0,00674
5	0,022962	25	0,014143	45	0,006468
6	0,023087	26	0,013639	46	0,006207
7	0,023024	27	0,013148	47	0,005955
8	0,022822	28	0,012669	48	0,005713
9	0,022519	29	0,012204	49	0,00548
10	0,02214	30	0,011751	50	0,005255
11	0,021704	31	0,011311		
12	0,021224	32	0,010885		
13	0,020714	33	0,010472		
14	0,02018	34	0,010071		
15	0,019631	35	0,009684		
16	0,019073	36	0,009309		
17	0,018509	37	0,008947		
18	0,017943	38	0,008597		
19	0,01738	39	0,008259		
20	0,01682	40	0,007933		

Dari hasil perhitungan fungsi padat probabilitas distribusi *Weibull* untuk mesin pompa *vertical turbine* II komponen *impeller*, didapatkan nilai tertinggi 0,23087 jatuh pada hari ke-6.

Contoh perhitungan fungsi padat probabilitas distribusi lognormal pada mesin pompa *vertical turbine* III:

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\mu = 3,37914$$

$$\sigma = 0,947091$$

$$f(t) = \frac{1}{21 \times 0,947091 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(21) - 3,37914]^2}{2 \times 0,947091^2}\right)$$

$$= 0,36317$$

Tabel 4.18 Fungsi Padat Probabilitas Mesin Pompa Vertical Turbine III

t	f(t)	t	f(t)	t	f(t)
1	0,00019	21	0,36317	41	0,59871
2	0,00233	22	0,38209	42	0,59095
3	0,0082	23	0,40129	43	0,65542
4	0,01786	24	0,41683	44	0,64803
5	0,03144	25	0,43644	45	0,63683
6	0,04746	26	0,45224	46	0,6293
7	0,06552	27	0,46812	47	0,62172
8	0,08534	28	0,48405	48	0,68793
9	0,10749	29	0,49601	49	0,67724
10	0,1335	30	0,49202	50	0,67003
11	0,15151	31	0,48008		
12	0,17361	32	0,46414		
13	0,19766	33	0,53188		
14	0,2177	34	0,51994		
15	0,24196	35	0,42858		
16	0,26109	36	0,57535		
17	0,28434	37	0,56356		
18	0,30503	38	0,55172		
19	0,32636	39	0,61791		
20	0,34458	40	0,61026		

Dari hasil perhitungan fungsi padat probabilitas distribusi *Weibull* untuk mesin pompa *vertical turbine* III komponen impeller, didapatkan nilai tertinggi 0,68793 jatuh pada hari ke-48.

4.5.4 Penentuan Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan memiliki tujuan untuk mendapatkan selang waktu pada mesin yang melakukan fungsinya berdasarkan standar yang berlaku. Perhitungan fungsi keandalan adalah sebagai berikut :

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha} \right]$$

Contoh perhitungan pada hari 21

Diketahui $\alpha = 5,02641$ $\beta = 30,3836$ $t = 21$

$$R(21) = \exp \left[- \left(\frac{21}{30,3836} \right)^{5,02641} \right]$$

$$= 0,855393$$

Tabel 4.19 Fungsi Keandalan Mesin Pompa Vertical Turbine I

T	R(t)	t	R(t)	t	R(t)
1	0,999999965	21	0,855393	41	0,011
2	0,99999885	22	0,820912	42	0,006155
3	0,999991172	23	0,781339	43	0,003248
4	0,999962517	24	0,73668	44	0,00161
5	0,999884938	25	0,687149	45	0,000746
6	0,999712332	26	0,633202	46	0,000322
7	0,999375804	27	0,575556	47	0,000128
8	0,998779093	28	0,51519	48	4,73E-05
9	0,997794119	29	0,453323	49	1,59E-05
10	0,996256798	30	0,391358	50	4,89E-06
11	0,993963297	31	0,330806		
12	0,990667023	32	0,273181		
13	0,986076697	33	0,219878		
14	0,979856015	34	0,172062		
15	0,971625472	35	0,130557		
16	0,960967083	36	0,095786		
17	0,947432772	37	0,067747		
18	0,930557252	38	0,046045		
19	0,909876141	39	0,029974		
20	0,884949859	40	0,018622		

Setelah menghitung fungsi keandalan komponen *bearing* pada mesin *vertical turbine* I, diketahui fungsi keandalan komponen *bearing* mengalami

penurunan dan pada waktu ke 22 dengan hasil fungsi keandalan sebesar 0,820912 (82,09%) adalah batas keandalan minimal yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 80%.

Contoh perhitungan pada hari 21

Diketahui $\alpha = 1,2913$

$\beta = 27,0858$

$t = 21$

$$R(21) = \exp \left[- \left(\frac{21}{27,0858} \right)^{1,2913} \right]$$

$$= 0,486793$$

Tabel 4.20 Fungsi Keandalan Mesin Pompa Vertical Turbine II

t	R(t)	t	R(t)	t	R(t)
1	0,985977	21	0,486793	41	0,181227
2	0,966027	22	0,465572	42	0,171703
3	0,943324	23	0,445012	43	0,162619
4	0,918885	24	0,425115	44	0,153958
5	0,893289	25	0,40588	45	0,145706
6	0,866928	26	0,387306	46	0,137846
7	0,840086	27	0,369387	47	0,130365
8	0,812985	28	0,352115	48	0,123246
9	0,785799	29	0,335483	49	0,116477
10	0,758672	30	0,319481	50	0,110042
11	0,73172	31	0,304097		
12	0,70504	32	0,289319		
13	0,678713	33	0,275133		
14	0,652805	34	0,261527		
15	0,627372	35	0,248485		
16	0,602459	36	0,235992		
17	0,578106	37	0,224034		
18	0,554341	38	0,212594		
19	0,531189	39	0,201657		
20	0,508668	40	0,191207		

Setelah menghitung fungsi keandalan komponen impeller pada mesin *vertical turbine* II, diketahui fungsi keandalan komponen impeller mengalami penurunan dan pada waktu ke 8 dengan hasil fungsi keandalan sebesar 0,812985 (81,29%) adalah batas keandalan minimal yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 80%.

Contoh perhitungan pada hari 21 untuk mesin pompa *vertical turbine* III

Diketahui $\mu = 3,37914$ $\sigma = 0,947091$ $t = 21$

$$\begin{aligned} R(21) &= 1 - \phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \\ &= 1 - \phi \left(\frac{\ln(21) - 3,37914}{0,947091} \right) \end{aligned}$$

ϕ dilihat dari tabel Z

$$= 0,63683$$

Tabel 4.21 Fungsi Keandalan Mesin Pompa Vertical Turbine III

t	R(tp)	t	R(tp)	t	R(tp)
1	0,99981	21	0,63683	41	0,40129
2	0,99767	22	0,61791	42	0,40905
3	0,9918	23	0,59871	43	0,34458
4	0,98214	24	0,58317	44	0,35197
5	0,96856	25	0,56356	45	0,36317
6	0,95254	26	0,54776	46	0,3707
7	0,93448	27	0,53188	47	0,37828
8	0,91466	28	0,51595	48	0,31207
9	0,89251	29	0,50399	49	0,32276
10	0,8665	30	0,50798	50	0,32997
11	0,84849	31	0,51992		
12	0,82639	32	0,53586		
13	0,80234	33	0,46812		
14	0,7823	34	0,48006		
15	0,75804	35	0,57142		
16	0,73891	36	0,42465		
17	0,71566	37	0,43644		
18	0,69497	38	0,44828		
19	0,67364	39	0,38209		
20	0,65542	40	0,38974		

Setelah menghitung fungsi keandalan komponen impeller pada mesin *vertical turbine* III, diketahui fungsi keandalan komponen impeller mengalami penurunan dan pada waktu ke 13 dengan hasil fungsi keandalan sebesar 0,80234 (80,23%) adalah batas keandalan minimal yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 80%.

4.5.5 Penentuan Laju Kerusakan

Penentuan laju kerusakan komponen dilakukan untuk mendapatkan berapa banyak kerusakan yang terjadi pada satuan waktu. Berikut perhitungan penentuan laju kerusakan:

$$A(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1}$$

- Contoh perhitungan laju kerusakan komponen *bearing* pada mesin pompa *vertical turbine I*

Diketahui : $\alpha = 5,02641$ $\beta = 30,3836$ $t = 21$

$$A(t) = \frac{5,02641}{30,3836} \left(\frac{21}{30,3836} \right)^{5,02641-1}$$

$$= 0,03738541874$$

Pada perhitungan selanjutnya menggunakan bantuan *software* Maple 17 yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4.22 Laju Kerusakan Mesin Pompa Vertical Turbin I

t	A(t)	t	A(t)	t	A(t)
1	1,7738E-07	21	0,037385	41	0,552884364
2	2,89052E-06	22	0,045087	42	0,60921759
3	1,47908E-05	23	0,053924	43	0,669759654
4	4,71027E-05	24	0,064003	44	0,734716089
5	0,000115676	25	0,075437	45	0,804297385
6	0,000241025	26	0,088342	46	0,878719005
7	0,000448349	27	0,10284	47	0,958201385
8	0,000767566	28	0,119058	48	1
9	0,001233323	29	0,137126	49	1
10	0,001885017	30	0,157181	50	1
11	0,002766809	31	0,179365		
12	0,003927638	32	0,203824		
13	0,005421231	33	0,230709		
14	0,007306117	34	0,260176		
15	0,009645636	35	0,292386		
16	0,012507946	36	0,327504		
17	0,015966036	37	0,365703		
18	0,020097731	38	0,407157		
19	0,024985701	39	0,452047		
20	0,03071747	40	0,500559		

Dari hasil perhitungan laju kerusakan dengan *software* Maple didapatkan kesimpulan bahwa laju kerusakan semakin meningkat terhadap waktu laju kerusakan komponen rantai, semakin besar waktu penggantian komponen maka akan semakin besar juga laju kerusakan komponen.

- Contoh perhitungan laju kerusakan komponen *bearing* pada mesin pompa *vertical turbine* I

- $A(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1}$

Diketahui : $\alpha = 1,2913$ $\beta = 27,0858$ $t = 21$

$$A(t) = \frac{1,2913}{27,0858} \left(\frac{21}{27,0858} \right)^{1,2913-1}$$

$$= 0,03738541874$$

Pada perhitungan selanjutnya menggunakan bantuan *software* Maple 17 yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4.23 Laju Kerusakan Mesin Pompa Vertical Turbine II

t	A(t)	t	A(t)	t	A(t)
1	0,000725	21	0,029599	41	0,024061
2	0,003785	22	0,029593	42	0,022829
3	0,007799	23	0,029601	43	0,026214
4	0,011721	24	0,029433	44	0,024829
5	0,015183	25	0,02948	45	0,023284
6	0,018096	26	0,029344	46	0,022077
7	0,020496	27	0,029226	47	0,020942
8	0,022457	28	0,029129	48	0,024577
9	0,024077	29	0,028825	49	0,02301
10	0,025485	30	0,02764	50	0,021799
11	0,026394	31	0,026098		
12	0,027207	32	0,024469		
13	0,027916	33	0,027066		
14	0,028349	34	0,025504		
15	0,028828	35	0,020706		
16	0,02903	36	0,026927		
17	0,029331	37	0,025322		
18	0,029482	38	0,02383		
19	0,029628	39	0,027028		
20	0,029614	40	0,025619		

Dari hasil perhitungan laju kerusakan dengan *software* Maple didapatkan kesimpulan bahwa laju kerusakan semakin meningkat terhadap waktu laju kerusakan komponen rantai, semakin besar waktu penggantian komponen maka akan semakin besar juga laju kerusakan komponen.

Berikut perhitungan penentuan laju kerusakan pada mesin pompa *vertical turbine* III:

$$A(t) = \frac{F(t)}{R(t)}$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk laju kerusakan pada komponen impeller:

$$A(2) = \frac{0,003776}{1}$$

$$= 0,003776$$

Tabel 4.24 Laju Kerusakan Mesin Pompa Vertical Turbine III

t	A(t)	t	A(t)	t	A(t)
1	0,000725	21	0,029256	41	0,531418
2	0,003776	22	0,031785	42	0,649328
3	0,007735	23	0,034887	43	0,798916
4	0,011512	24	0,038288	44	0,990241
5	0,014706	25	0,042632	45	1,219165
6	0,017237	26	0,048182	46	1,48256
7	0,019154	27	0,05532	47	1,824685
8	0,02054	28	0,06291	48	2,256082
9	0,021493	29	0,073484	49	2,757227
10	0,022098	30	0,085876	50	3,41554
11	0,022449	31	0,084262		
12	0,022628	32	0,099384		
13	0,026135	33	0,118563		
14	0,022818	34	0,140505		
15	0,022991	35	0,168096		
16	0,023336	36	0,203271		
17	0,02388	37	0,243181		
18	0,024718	38	0,294228		
19	0,025806	39	0,358152		
20	0,027383	40	0,44042		

didapatkan kesimpulan bahwa laju kerusakan semakin meningkat terhadap waktu laju kerusakan komponen rantai, semakin besar waktu penggantian komponen maka akan semakin besar juga laju kerusakan komponen.

4.5.6 Perhitungan MTTF

Dari hasil uji distribusi, didapatkan komponen bearing dan impeller untuk mesin pompa *vertical turbine* I dan II berdistribusi *Weibull* sedangkan untuk komponen *impeller* pada mesin pompa *vertical turbine* III berdistribusi lognormal. Perhitungan MTTF dilakukan pada setiap mesin pompa *vertical turbine*.

1. Perhitungan MTTF Mesin Pompa *Vertical Turbine* I komponen *bearing*

Untuk memudahkan perhitungan MTTF digunakan *software minitab* 17,

Distribution: Weibull				
Parameter Estimates				
		Standard	95,0% Normal CI	
Parameter	Estimate	Error	Lower	Upper
Shape	5,02641	1,66324	2,62781	9,61439
Scale	30,3836	2,12196	26,4967	34,8407
Characteristics of Distribution				
		Standard	95,0% Normal CI	
	Estimate	Error	Lower	Upper
Mean (MTTF)	27,9058	2,11658	24,0510	32,3784
Standard Deviation	6,36121	1,77113	3,68589	10,9784
Median	28,2470	2,20675	24,2367	32,9208
First Quartile (Q1)	23,7132	2,78494	18,8375	29,8509
Third Quartile (Q3)	32,4236	2,23847	28,3202	37,1216
Interquartile Range (IQR)	8,71039	2,59563	4,85720	15,6203

Dari hasil data yang diperoleh didapatkan MTTF untuk komponen *bearing* pada mesin pompa *vertical turbine* I sebesar 27,9058

2. Perhitungan MTTF Mesin Pompa *Vertical Turbine* II komponen *impeller*

Distribution: Weibull

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI Lower	95,0% Normal CI Upper
Shape	1,29130	0,408513	0,694609	2,40055
Scale	27,0858	6,97934	16,3459	44,8823

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI Lower	95,0% Normal CI Upper
Mean (MTTF)	25,0501	6,34952	15,2424	41,1686
Standard Deviation	19,5552	7,88929	8,86862	43,1190
Median	20,3927	5,88464	11,5837	35,9007
First Quartile(Q1)	10,3208	4,49304	4,39699	24,2256
Third Quartile(Q3)	34,8816	8,88955	21,1675	57,4810
Interquartile Range (IQR)	24,5608	7,81256	13,1669	45,8144

Dari hasil pengolahan data pada *software minitab* diperoleh MTTF untuk komponen *impeller* pada mesin pompa *vertical turbine* II sebesar 25,0501

3. Perhitungan MTTF Mesin Pompa *Vertical Turbine* III komponen *impeller*

Distribution: Lognormal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI Lower	95,0% Normal CI Upper
Location	3,37914	0,334847	2,72285	4,03543
Scale	0,947091	0,305034	0,503780	1,78050

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI Lower	95,0% Normal CI Upper
Mean (MTTF)	45,9534	20,3228	19,3142	109,335
Standard Deviation	55,3770	46,8395	10,5526	290,604
Median	29,3455	9,82624	15,2236	56,5670
First Quartile(Q1)	15,4922	6,08849	7,17111	33,4687
Third Quartile(Q3)	55,5865	21,8458	25,7302	120,087
Interquartile Range (IQR)	40,0944	19,8520	15,1924	105,813

Dari hasil pengolahan data pada *software minitab* diperoleh MTTF untuk komponen *impeller* pada mesin pompa *vertical turbine* III sebesar 45,9534.

4.5.7 Perhitungan Cp dan Cf

Cp atau *Cost of preventive* merupakan biaya yang terjadi karena penggantian terencana yang terdiri dari biaya tenaga kerja, biaya pemasangan serta biaya pembelian.

Cf atau *Cost of failure* merupakan biaya yang terjadi saat adanya kerusakan yang membuat mesin berhenti dari kegiatan produksi. Biaya ini terdapat biaya tenaga kerja, biaya komponen, biaya pemasangan dan *opportunity cost*.

1. Biaya tenaga kerja

Berdasarkan gaji dan karyawan yang bekerja untuk melakukan pergantian. Perhitungannya yaitu:

Jumlah tenaga kerja : 3 orang

Biaya tenaga kerja/bulan/orang : Rp 2.900.000

Biaya tenaga kerja/hari/orang : Rp 2.900.000 / 26hari = Rp 111.538

Total biaya tenaga kerja/hari : 3 x Rp 111.538 = Rp 334.615

2. Biaya komponen

a. Komponen *bearing* terdiri dari 2 unit.

Harga/unit : Rp 2.650.000

Total Biaya Komponen : Rp 5.300.000

3. *Opportunity Cost* merupakan potensi kehilangan produksi karena sistem terhenti.

a. Data rata-rata output mesin pompa Vertical Turbin : 29.300 m³

b. Harga air per m³ (untuk kelompok II B) : Rp.3.200

c. Biaya peralatan : Rp. 700.000

d. *Opportunity Cost* perjam didapatkan dari hasil perkalian antara data jumlah *output* perjam dengan data harga per *output*.

Opportunity Cost Mesin Pompa Vertical Turbin :Rp. 3.200 x 29.300m³

: Rp. 93.760.000

Karena adanya perbaikan pada komponen *bearing* mengakibatkan proses produksi berhenti 8 jam sehingga *opportunity cost* menjadi

Komponen *bearing* : 8/24 x Rp. 93.760.000

= Rp. 31.253.333

4. Biaya Perbaikan Kerusakan (Cf)

Cf = Biaya Tenaga Kerja+Biaya Komponen+*Opportunity cost* + Alat Bantu

Cf = Rp. 334.615 + Rp. 5.300.000 +Rp. 31.253.333 +Rp 525.500

$$= \text{Rp. } 37.413.448$$

5. Biaya Perawatan Pencegahan (Cp)

Biaya mekanik dan alat bantu dengan biaya tenaga kerja Rp 334.615 dan Rp 525.500 pada alat bantu ini memerlukan waktu perbaikan selama 3 jam, sehingga *opportunity cost* = $3/24 \times \text{Rp. } 93.760.000 = \text{Rp. } 11.720.000$

$$\begin{aligned} C_p &= \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Alat Bantu} + \text{Opportunity Cost} \\ &= \text{Rp. } 334.615 + \text{Rp. } 525.500 + \text{Rp. } 11.720.000 \\ &= \text{Rp. } 12.580.115 \end{aligned}$$

4.5.8 Penentuan Interval Penggantian Optimal dengan metode Age

Replacement

Untuk menentukan interval penggantian optimal untuk penggantian terencana pada komponen kritis dilakukan dengan menggunakan metode *age replacement* dengan kriteria meminimasi biaya. Setelah mendapatkan nilai C_f , selanjutnya mencari total biaya perawatan persatuan waktu sebesar $C(tp)$ dengan interval waktu penggantian sebesar t , dimana $R(tp)$ merupakan fungsi keandalan dan dengan menggunakan ketetapan rumus. Sehingga, untuk mendapatkan interval waktu perawatan terencana untuk komponen kritis dengan kriteria meminimasi biaya dengan rumus berikut (Jardine and Tsang, 1973)

$$C(tp) = \frac{C_p \times R(tp) + C_f \times [1 - R(tp)]}{tp \times R(tp) + \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt}$$

Dengan :

- C_p = Biaya setiap kali penggantian terencana
- C_f = Biaya penggantian karena terjadi kerusakan
- $R(tp)$ = Probabilitas terjadinya siklus pertama
- T_p = Interval waktu penggantian terencana
- $F(tp)$ = Fungsi padat probabilitas
- $C(tp)$ = Ekspetasi biaya penggantian persatuan waktu

1. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Mesin Pompa *Vertical Turbine I*

- Perhitungan Total Biaya C(tp)

Komponen *bearing*

$$C_p = \text{Rp. } 12.580.115$$

$$C_f = \text{Rp. } 37.413.448$$

Untuk T_f yaitu waktu rata-rata penggantian kerusakan adalah 4 jam, dan untuk waktu rata-rata pergantian pencegahan (T_p) sebesar 3 jam.

$$\text{Sehingga } T_f = \frac{4 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,5 \text{ hari}$$

$$T_p = \frac{3 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,375 \text{ hari}$$

$$\alpha = 5,02641 \quad \beta = 30,3836$$

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk $t_p = 1$ hari

1. $F(tp) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$
 $= 1 - \exp \left[- \left(\frac{1}{5,02641} \right)^{30,3836} \right] = 0,99763$
2. $R(tp) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha \right] = \exp \left[- \left(\frac{1}{30,3836} \right)^{5,02641} \right] = 1$
3. $(tp + T_p) \times R(tp) = (1 + 0,375) \times 1 = 1,375$
4. Estimasi Panjang siklus kerusakan = $(M(tp) + T_f) \times (1 - R(tp))$
 $= \left(\frac{MTTF}{1 - R(tp)} + T_f \right) \times (1 - R(tp))$
5. $C(tp) = \frac{(C_p \cdot R(tp) + C_f(1 - R(tp)))}{[(tp + T_p)R(tp)] + [(M(tp) + T_f)(1 - R(tp))]}$

Berikut merupakan hasil perhitungan interval penggantian optimal komponen kritis dengan metode *age replacement* pada Tabel 4.25

Tabel 4.25 Perhitungan Interval Penggantian Optimal Komponen Kritis

tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp).R(tp)	(M(tp)+Tf)x(1-R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1-R(tp))	Ctp
1	0,99763	1	1,375	27,9058	Rp 12.580.116	Rp 429.637
2	0,999994	0,999999	2,374997	27,9058	Rp 12.580.144	Rp 415.450
3	1	0,999991	3,37497	27,9058	Rp 12.580.334	Rp 402.175
4	1	0,999963	4,374836	27,90582	Rp 12.581.046	Rp 389.739
5	1	0,999885	5,374382	27,90586	Rp 12.582.972	Rp 378.091
6	1	0,999712	6,373166	27,90594	Rp 12.587.259	Rp 367.199

tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp).R(tp)	(M(tp)+Tf)x(1-R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1-R(tp))	Ctp
7	1	0,999376	7,370397	27,90611	Rp 12.595.616	Rp 357.054
8	1	0,998779	8,364775	27,90641	Rp 12.610.434	Rp 347.671
9	1	0,997794	9,35432	27,9069	Rp 12.634.894	Rp 339.090
10	1	0,996257	10,33616	27,90767	Rp 12.673.071	Rp 331.376
11	1	0,993963	11,30633	27,90882	Rp 12.730.026	Rp 324.620
12	1	0,990667	12,2595	27,91047	Rp 12.811.884	Rp 318.942
13	1	0,986077	13,18878	27,91276	Rp 12.925.877	Rp 314.486
14	1	0,979856	14,08543	27,91587	Rp 13.080.357	Rp 311.427
15	1	0,971625	14,93874	27,91999	Rp 13.284.749	Rp 309.966
16	1	0,960967	15,73584	27,92532	Rp 13.549.432	Rp 310.332
17	1	0,947433	16,46164	27,93208	Rp 13.885.534	Rp 312.781
18	1	0,930557	17,09899	27,94052	Rp 14.304.610	Rp 317.601
19	1	0,909876	17,62885	27,95086	Rp 14.818.191	Rp 325.105
20	1	0,88495	18,03085	27,96333	Rp 15.437.193	Rp 335.634
21	1	0,855393	18,28403	27,9781	Rp 16.171.178	Rp 349.555
22	1	0,820912	18,3679	27,99534	Rp 17.027.471	Rp 367.262
23	1	0,781339	18,26381	28,01513	Rp 18.010.189	Rp 389.166
24	1	0,73668	17,95659	28,03746	Rp 19.119.218	Rp 415.689
25	1	0,687149	17,43642	28,06223	Rp 20.349.239	Rp 447.249
26	1	0,633202	16,70071	28,0892	Rp 21.688.929	Rp 484.237
27	1	0,575556	15,75584	28,11802	Rp 23.120.476	Rp 526.976
28	1	0,51519	14,61852	28,1482	Rp 24.619.556	Rp 575.671
29	1	0,453323	13,31636	28,17914	Rp 26.155.932	Rp 630.332
30	1	0,391358	11,88749	28,21012	Rp 27.694.729	Rp 690.683
31	1	0,330806	10,37904	28,2404	Rp 29.198.431	Rp 756.055
32	1	0,273181	8,844222	28,26921	Rp 30.629.463	Rp 825.293
33	1	0,219878	7,338443	28,29586	Rp 31.953.133	Rp 896.696
34	1	0,172062	5,914626	28,31977	Rp 33.140.579	Rp 968.049
35	1	0,130557	4,618448	28,34052	Rp 34.171.287	Rp 1.036.783
36	1	0,095786	3,484203	28,35791	Rp 35.034.771	Rp 1.100.265
37	1	0,067747	2,532026	28,37193	Rp 35.731.076	Rp 1.156.198
38	1	0,046045	1,766982	28,38278	Rp 36.269.994	Rp 1.202.994
39	1	0,029974	1,180207	28,39081	Rp 36.669.106	Rp 1.240.035
40	1	0,018622	0,751846	28,39649	Rp 36.951.012	Rp 1.267.689
41	1	0,011	0,455138	28,4003	Rp 37.140.273	Rp 1.287.115
42	1	0,006155	0,260805	28,40272	Rp 37.260.606	Rp 1.299.931
43	1	0,003248	0,140889	28,40418	Rp 37.332.786	Rp 1.307.854
44	1	0,00161	0,071443	28,405	Rp 37.373.467	Rp 1.312.435

tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp).R(tp)	(M(tp)+Tf)x(1-R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1-R(tp))	Ctp
45	1	0,000746	0,033855	28,40543	Rp 37.394.920	Rp 1.314.904
46	1	0,000322	0,014921	28,40564	Rp 37.405.458	Rp 1.316.141
47	1	0,000128	0,006087	28,40574	Rp 37.410.258	Rp 1.316.714
48	1	4,73E-05	0,002286	28,40578	Rp 37.412.274	Rp 1.316.960
49	1	1,59E-05	0,000786	28,40579	Rp 37.413.052	Rp 1.317.056
50	1	4,89E-06	0,000246	28,4058	Rp 37.413.327	Rp 1.317.090

Dari hasil perhitungan C(tp) yang paling minimum yaitu Rp 309.966. Oleh karena itu, interval waktu penggantian pencegahan komponen *bearing* yang optimal dengan kriteria meminimasi biaya yaitu 15 hari dengan estimasi biaya pergantian sebesar Rp 13.284.749/siklus penggantian.

2. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Mesin Pompa *Vertical Turbine II*

- Perhitungan Total Biaya C(tp)

Komponen *impeller*

$$C_f = \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Komponen} + \text{Opportunity Cost} + \text{Alat Bantu} \\ = \text{Rp } 334.615 + \text{Rp } 5.760.000 + \text{Rp } 35.160.000 + \text{Rp } 525.500$$

$$C_f = \text{Rp. } 41.780.115$$

$$C_p = \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Alat Bantu} + \text{Opportunity Cost} \\ = \text{Rp } 36.020.115$$

Untuk Tf yaitu waktu rata-rata penggantian kerusakan adalah 3 jam, dan untuk waktu rata-rata penggantian pencegahan (Tp) sebesar 1 jam.

$$\text{Sehingga } T_f = \frac{3 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,375 \text{ hari}$$

$$T_p = \frac{1 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,125 \text{ hari}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk tp = 1 hari

$$6. F(tp) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$$7. R(tp) = 1 - F(tp)$$

$$8. (tp + Tp) \times R(tp)$$

$$9. \text{Estimasi Panjang siklus kerusakan} = (M(tp) + T_f) \times (1 - R(tp))$$

$$= \left(\frac{MTTF}{1-R(tp)} + Tf \right) \times (1 - R(tp))$$

$$10. C(tp) = \frac{(Cp.R(tp) + Cf.(1-R(tp)))}{[(tp+Tp)R(tp)] + [(M(tp)+Tf)(1-R(tp))]}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan interval penggantian optimal komponen kritis dengan metode *age replacement* pada Tabel 4.26

Tabel 4.26 Interval Penggantian Optimal Komponen Kritis

Tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp).R(tp)	(M(tp)+Tf)x(1-R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1-R(tp))	Ctp
1	1	0,982613	1,10544	25,05662	Rp 36.120.264	Rp 1.380.635
2	1	0,979713	2,081891	25,05771	Rp 36.136.966	Rp 1.331.522
3	1	0,978233	3,056978	25,05826	Rp 36.145.493	Rp 1.285.619
4	1	0,977432	4,031908	25,05856	Rp 36.150.105	Rp 1.242.679
5	1	0,977038	5,007319	25,05871	Rp 36.152.377	Rp 1.202.433
6	1	0,976913	5,98359	25,05876	Rp 36.153.098	Rp 1.164.638
7	1	0,976976	6,960957	25,05873	Rp 36.152.730	Rp 1.129.078
8	1	0,977178	7,939569	25,05866	Rp 36.151.572	Rp 1.095.561
9	1	0,977481	8,919511	25,05854	Rp 36.149.827	Rp 1.063.917
10	1	0,97786	9,900831	25,0584	Rp 36.147.642	Rp 1.033.994
11	1	0,978296	10,88355	25,05824	Rp 36.145.128	Rp 1.005.658
12	1	0,978776	11,86765	25,05806	Rp 36.142.368	Rp 978.786
13	1	0,979286	12,85313	25,05787	Rp 36.139.426	Rp 953.270
14	1	0,97982	13,83995	25,05767	Rp 36.136.354	Rp 929.012
15	1	0,980369	14,82807	25,05746	Rp 36.133.192	Rp 905.922
16	1	0,980927	15,81745	25,05725	Rp 36.129.974	Rp 883.920
17	1	0,981491	16,80804	25,05704	Rp 36.126.725	Rp 862.932
18	1	0,982057	17,79978	25,05683	Rp 36.123.469	Rp 842.892
19	1	0,98262	18,79262	25,05662	Rp 36.120.221	Rp 823.737
20	1	0,98318	19,7865	25,05641	Rp 36.116.998	Rp 805.412
21	1	0,983734	20,78137	25,0562	Rp 36.113.809	Rp 787.865
22	1	0,984279	21,77718	25,056	Rp 36.110.666	Rp 771.049
23	1	0,984816	22,77387	25,05579	Rp 36.107.576	Rp 754.920
24	1	0,985342	23,77138	25,0556	Rp 36.104.544	Rp 739.438
25	1	0,985857	24,76967	25,0554	Rp 36.101.576	Rp 724.566
26	1	0,986361	25,76868	25,05521	Rp 36.098.676	Rp 710.270
27	1	0,986852	26,76836	25,05503	Rp 36.095.847	Rp 696.516
28	1	0,987331	27,76868	25,05485	Rp 36.093.090	Rp 683.277
29	1	0,987796	28,76957	25,05468	Rp 36.090.408	Rp 670.523

Tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp).R(tp)	(M(tp)+Tf)x(1-R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1-R(tp))	Ctp
30	1	0,988249	29,771	25,05451	Rp 36.087.800	Rp 658.230
31	1	0,988689	30,77293	25,05434	Rp 36.085.268	Rp 646.373
32	1	0,989115	31,77532	25,05418	Rp 36.082.812	Rp 634.931
33	1	0,989528	32,77813	25,05403	Rp 36.080.432	Rp 623.882
34	1	0,989929	33,78132	25,05388	Rp 36.078.126	Rp 613.207
35	1	0,990316	34,78485	25,05373	Rp 36.075.894	Rp 602.887
36	1	0,990691	35,78871	25,05359	Rp 36.073.735	Rp 592.906
37	1	0,991053	36,79285	25,05346	Rp 36.071.649	Rp 583.247
38	1	0,991403	37,79725	25,05332	Rp 36.069.633	Rp 573.895
39	1	0,991741	38,80187	25,0532	Rp 36.067.686	Rp 564.837
40	1	0,992067	39,8067	25,05307	Rp 36.065.807	Rp 556.058
41	1	0,992382	40,81171	25,05296	Rp 36.063.994	Rp 547.547
42	1	0,992686	41,81688	25,05284	Rp 36.062.246	Rp 539.291
43	1	0,992978	42,82218	25,05273	Rp 36.060.561	Rp 531.280
44	1	0,99326	43,8276	25,05263	Rp 36.058.937	Rp 523.502
45	1	0,993532	44,83311	25,05253	Rp 36.057.373	Rp 515.948
46	1	0,993793	45,83871	25,05243	Rp 36.055.866	Rp 508.609
47	1	0,994045	46,84437	25,05233	Rp 36.054.416	Rp 501.475
48	1	0,994287	47,85007	25,05224	Rp 36.053.020	Rp 494.539
49	1	0,99452	48,85581	25,05215	Rp 36.051.678	Rp 487.791
50	1	0,994745	49,86158	25,05207	Rp 36.050.386	Rp 481.226

Dari hasil perhitungan C(tp) yang paling minimum yaitu Rp 481.226. Oleh karena itu, interval waktu penggantian pencegahan komponen *impeller* yang optimal dengan kriteria meminimasi biaya yaitu 50 hari dengan estimasi biaya penggantian sebesar Rp 36.050.386/siklus penggantian.

3. Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan Mesin Pompa *Vertical Turbine* III

- Perhitungan Total Biaya C(tp)

Komponen *impeller*

$$Cf = \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Komponen} + \text{Opportunity Cost} + \text{Alat Bantu} \\ = \text{Rp } 334.615 + \text{Rp } 5.760.000 + \text{Rp } 70.320.000 + \text{Rp } 525.500$$

$$Cf = \text{Rp. } 76.940.115$$

$$Cp = \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Alat Bantu} + \text{Opportunity Cost}$$

$$= \text{Rp } 71.180.115$$

Untuk T_f yaitu waktu rata-rata penggantian kerusakan adalah 1 jam, dan untuk waktu rata-rata penggantian pencegahan (T_p) sebesar 1 jam.

$$\text{Sehingga } T_f = \frac{1 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,125 \text{ hari}$$

$$T_p = \frac{1 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 0,125 \text{ hari}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk $t_p = 1$ hari

1. $F(t_p) = \Phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)$
2. $R(t_p) = 1 - F(t_p)$
3. $(t_p + T_p) \times R(t_p)$
4. Estimasi Panjang siklus kerusakan = $(M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))$

$$= \left(\frac{MTTF}{1 - R(t_p)} + T_f \right) \times (1 - R(t_p))$$
5. $C(t_p) = \frac{(C_p \cdot R(t_p) + C_f(1 - R(t_p)))}{[(t_p + T_p)R(t_p)] + [(M(t_p) + T_f)(1 - R(t_p))]}$

Berikut merupakan hasil perhitungan interval penggantian optimal komponen kritis dengan metode *age replacement* pada Tabel 4.27

Tabel 4.27 Interval Penggantian Optimal Komponen Kritis

tp	F(tp)	R(tp)	(tp+Tp). R(tp)	(M(tp)+Tf) x(1- R(tp))	Cp.R(tp)+Cf.(1- R(tp))	Ctp
1	-3,56791	0,9981	1,122863	45,95364	Rp 12.591.059	Rp 267.460
2	-2,83605	0,9977	2,120113	45,95369	Rp 12.593.363	Rp 261.959
3	-2,40793	0,992	3,1	45,9544	Rp 12.626.195	Rp 257.392
4	-2,10418	0,9821	4,051163	45,95564	Rp 12.683.219	Rp 253.630
5	-1,86857	0,9686	4,964075	45,95733	Rp 12.760.979	Rp 250.601
6	-1,67606	0,9525	5,834063	45,95934	Rp 12.853.715	Rp 248.173
7	-1,5133	0,9345	6,658313	45,96159	Rp 12.957.395	Rp 246.245
8	-1,37231	0,9147	7,431938	45,96406	Rp 13.071.443	Rp 244.802
9	-1,24794	0,8925	8,144063	45,96684	Rp 13.199.315	Rp 243.931
10	-1,1367	0,8708	8,81685	45,96955	Rp 13.324.307	Rp 243.205
11	-1,03606	0,8485	9,439563	45,97234	Rp 13.452.755	Rp 242.777
12	-0,94419	0,8264	10,0201	45,9751	Rp 13.580.051	Rp 242.522
13	-0,85968	0,8023	10,53019	45,97811	Rp 13.718.867	Rp 242.776
14	-0,78143	0,7823	11,04999	45,98061	Rp 13.834.067	Rp 242.573

tp	F(tp)	R(tp)	$(tp+Tp) \cdot R(tp)$	$(M(tp)+Tf) \cdot (1-R(tp))$	$Cp \cdot R(tp) + Cf \cdot (1-R(tp))$	Ctp
15	-0,70858	0,758	11,46475	45,98365	Rp 13.974.035	Rp 243.245
16	-0,64044	0,7389	11,91476	45,98604	Rp 14.084.051	Rp 243.244
17	-0,57642	0,7157	12,25636	45,98894	Rp 14.217.683	Rp 244.100
18	-0,51607	0,695	12,59688	45,99153	Rp 14.336.915	Rp 244.706
19	-0,45899	0,6736	12,8826	45,9942	Rp 14.460.179	Rp 245.601
20	-0,40483	0,6554	13,18993	45,99648	Rp 14.565.011	Rp 246.087
21	-0,35331	0,6368	13,4524	45,9988	Rp 14.672.147	Rp 246.793
22	-0,30419	0,6179	13,67104	46,00116	Rp 14.781.011	Rp 247.703
23	-0,25726	0,5987	13,84494	46,00356	Rp 14.891.603	Rp 248.822
24	-0,21232	0,5832	14,0697	46,0055	Rp 14.980.883	Rp 249.369
25	-0,16922	0,5636	14,16045	46,00795	Rp 15.093.779	Rp 250.859
26	-0,12781	0,5478	14,31128	46,00993	Rp 15.184.787	Rp 251.732
27	-0,08796	0,5319	14,42779	46,01191	Rp 15.276.371	Rp 252.754
28	-0,04956	0,516	14,5125	46,0139	Rp 15.367.955	Rp 253.905
29	-0,01251	0,504	14,679	46,0154	Rp 15.437.075	Rp 254.341
30	0,02329	0,492	14,8215	46,0169	Rp 15.506.195	Rp 254.875
31	0,057911	0,4801	14,94311	46,01839	Rp 15.574.739	Rp 255.485
32	0,091434	0,4641	14,90921	46,02039	Rp 15.666.899	Rp 257.131
33	0,123924	0,4522	14,97913	46,02188	Rp 15.735.443	Rp 257.954
34	0,155445	0,4404	15,02865	46,02335	Rp 15.803.411	Rp 258.852
35	0,186052	0,4286	15,05458	46,02483	Rp 15.871.379	Rp 259.848
36	0,215797	0,4168	15,0569	46,0263	Rp 15.939.347	Rp 260.945
37	0,244726	0,4052	15,04305	46,02775	Rp 16.006.163	Rp 262.092
38	0,272884	0,3936	15,006	46,0292	Rp 16.072.979	Rp 263.339
39	0,300311	0,3821	14,94966	46,03064	Rp 16.139.219	Rp 264.663
40	0,327043	0,3745	15,02681	46,03159	Rp 16.182.995	Rp 265.041
41	0,353115	0,3632	14,9366	46,033	Rp 16.248.083	Rp 266.495
42	0,378559	0,3557	14,98386	46,03394	Rp 16.291.283	Rp 266.992
43	0,403404	0,3446	14,86088	46,03533	Rp 16.355.219	Rp 268.575
44	0,427678	0,3372	14,87895	46,03625	Rp 16.397.843	Rp 269.191
45	0,451406	0,3264	14,7288	46,0376	Rp 16.460.051	Rp 270.874
46	0,474613	0,3192	14,7231	46,0385	Rp 16.501.523	Rp 271.578
47	0,49732	0,3121	14,70771	46,03939	Rp 16.542.419	Rp 272.316
48	0,51955	0,305	14,67813	46,04028	Rp 16.583.315	Rp 273.118
49	0,541321	0,2946	14,47223	46,04158	Rp 16.643.219	Rp 275.032
50	0,562652	0,2877	14,42096	46,04244	Rp 16.682.963	Rp 275.918

Dari hasil perhitungan $C(tp)$ yang paling minimum yaitu Rp 242.522. Oleh karena itu, interval waktu penggantian pencegahan komponen *impeller* yang optimal dengan kriteria meminimasi biaya yaitu 12 hari dengan estimasi biaya penggantian sebesar Rp 13.580.051/siklus penggantian.

4.5.9 Perhitungan Biaya Penggantian Saat Ini

1. Biaya Penggantian Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* I Saat Ini

Biaya penggantian saat ini dihitung berdasarkan data frekuensi pada periode tahun 2017

a. *Failure Cost* = Biaya Tenaga Kerja + biaya komponen + *opportunity cost* + Alat Bantu

$$= \text{Rp. } 334.615 + \text{Rp. } 5.300.000 + \text{Rp. } 31.253.333 + \text{Rp. } 525.500$$

$$= \text{Rp. } 37.413.448$$

b. Frekuensi Kerusakan

Selama periode tahun 2017, terjadi kerusakan pada komponen *bearing* sebesar 9 kali.

c. Biaya Penggantian Saat Ini

$$= 9 \times \text{Rp. } 37.413.448$$

$$= \text{Rp. } 336.721.032$$

2. Biaya Penggantian Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* II Saat Ini

Biaya penggantian saat ini dihitung berdasarkan data frekuensi pada periode tahun 2017

a. *Failure Cost* = Biaya Tenaga Kerja + biaya komponen + *opportunity cost* + Alat Bantu

$$= \text{Rp. } 334.615 + \text{Rp. } 5.760.000 + \text{Rp. } 35.160.000 + \text{Rp. } 525.500$$

$$= \text{Rp. } 41.780.115$$

b. Frekuensi Kerusakan

Selama periode tahun 2017, terjadi kerusakan pada komponen *bearing* sebesar 10 kali.

c. Biaya Penggantian Saat Ini

$$= 10 \times \text{Rp. } 41.780.115$$

$$= \text{Rp } 417.801.150$$

3. Biaya Penggantian Komponen Kritis Mesin Pompa *Vertical Turbine* III Saat Ini

Biaya penggantian saat ini dihitung berdasarkan data frekuensi pada periode tahun 2017

a. *Failure Cost* = Biaya Tenaga Kerja + biaya komponen + *opportunity cost* + Alat Bantu

$$= \text{Rp } 334.615 + \text{Rp } 5.760.000 + \text{Rp } 70.320.000 + \text{Rp } 525.500$$

$$= \text{Rp. } 76.940.115$$

b. Frekuensi Kerusakan

Selama periode tahun 2017, terjadi kerusakan pada komponen *bearing* sebesar 8 kali.

c. Biaya Penggantian Saat Ini

$$= 8 \times \text{Rp. } 76.940.115$$

$$= \text{Rp } 615.520.920$$

4.5.10 Perhitungan Biaya Penggantian Usulan

Biaya penggantian usulan didapatkan dari interval penggantian optimal komponen kritis yang membuat penggantian menjadi terencana. Perhitungan biaya penggantian terencana berdasarkan biaya estimasi penggantian per siklus seperti pada Tabel 4.28

Tabel 4.28 Interval Waktu Penggantian Optimal dan Estimasi Biaya Penggantian Komponen Kritis

No	Mesin	Komponen Kritis	Interval Waktu Penggantian	Estimasi Biaya Penggantian
1	Vertical Turbine I	Bearing	15	Rp13.284.749
2	Vertical Turbine II	Impeller	50	Rp36.050.386
3	Vertical Turbine III	Impeller	12	Rp13.580.051

1. Perhitungan Biaya Penggantian Usulan Komponen Kritis Mesin *Vertical Turbine* I

a. Estimasi biaya penggantian setiap 1 kali kerusakan

$$= \text{Rp}13.284.749$$

b. Frekuensi Penggantian

$$= \frac{\text{Jumlah hari kerja}}{\text{interval waktu penggantian}} = \frac{365}{15} = 24,33 = 25 \text{ kali}$$

c. Biaya Penggantian Usulan

$$= 25 \times \text{Rp}13.284.749$$

$$= \text{Rp } 332.118.725$$

2. Perhitungan Biaya Penggantian Usulan Komponen Kritis Mesin *Vertical Turbine II*

a. Estimasi biaya penggantian setiap 1 kali kerusakan

$$= \text{Rp}36.050.386$$

b. Frekuensi Penggantian

$$= \frac{\text{Jumlah hari kerja}}{\text{interval waktu penggantian}} = \frac{365}{50} = 7,3 = 8 \text{ kali}$$

c. Biaya Penggantian Usulan

$$= 8 \times \text{Rp}36.050.386$$

$$= \text{Rp } 288.403.088$$

3. Perhitungan Biaya Penggantian Usulan Komponen Kritis Mesin *Vertical Turbine III*

a. Estimasi biaya penggantian setiap 1 kali kerusakan

$$= \text{Rp}13.580.051$$

b. Frekuensi Penggantian

$$= \frac{\text{Jumlah hari kerja}}{\text{interval waktu penggantian}} = \frac{365}{12} = 30,42 = 31 \text{ kali}$$

c. Biaya Penggantian Usulan

$$= 31 \times \text{Rp}13.580.051$$

$$= \text{Rp } 420.981.581$$